

## Genetic diversity and selection of durum wheat pure lines with desirable agronomy traits using SIIG index

Manoochehr Dastfal<sup>1</sup>, Mostafa Aghae-Sarbarzeh<sup>2</sup>, Hassan Zali<sup>\*1</sup>

1. Crop and Horticultural Science Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Darab, Iran. 2. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

(Received: anuary 6, 2021 - Accepted: March 29, 2021)

### ABSTRACT

In order to study the genetic diversity and selection of superior durum wheat lines, 120 pure lines were investigated in augmented non-repetition design, with two control (Shabrang and Hanna lines), in the Darab Agricultural Research Station field in 2017-18, using SIIG method. SIIG was used to select the best lines in terms of morphological traits. The results of the correlation showed that grain yield (YLD) and thousand kernel weight (TKW) had the significant correlation with SIIG (0.850\*\* and 0.626\*\*), respectively. These findings showed that YLD and TKW have the most impact on the value of SIIG method, respectively. Therefore, selected genotypes with SIIG method will have high YLD and TKW. The studied lines were grouped into 7 categories based on this index. Lines of groups 1, 2 and 3 were the best lines with the SIIG highest value, respectively, and the possibility of obtaining top lines from this group is very high. The results of SIIG index showed that 137, 19, 20, 136 and 143 lines with SIIG values 0.819, 0.808, 0.796, 0.796 and 0.794, respectively were the best lines, but 20 and 143 lines were recognized as the superior lines due to earlier. Genotypes of group 4 were the middle lines. Lines of groups 5, 6 and 7 with the lowest SIIG values were the weak lines. Finally, the results showed that SIIG method was able to group the studied lines simultaneously based on YLD, TKW and DHA and distinguish their distance.

**Keywords:** Genetic diversity, morphologic traits, simultaneously selection, SIIG method.

## بررسی تنوع ژنتیکی و انتخاب لاین‌های خالص گندم دوروم با خصوصیات زراعی مطلوب با استفاده از شاخص SIIG

منوچهر دستفال<sup>۱</sup>، مصطفی آقایی سربرزه<sup>۲</sup>، حسن زالی<sup>\*۱</sup>

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، داراب، ۲- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۹)

### چکیده

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و انتخاب لاین‌های برتر گندم دوروم، تعداد ۱۲۰ لاین خالص در قالب طرح بدون تکرار آگمنت، همراه با دو شاهد شیرنگ و هانا، در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، با استفاده از شاخص SIIG ارزیابی شدند. برای انتخاب بهترین لاین‌ها از نظر صفات مورد بررسی به طور هم‌زمان، از شاخص SIIG استفاده شد. نتایج همبستگی نشان داد که عملکرد دانه و وزن هزاردانه به ترتیب بیشترین همبستگی را با شاخص SIIG (\*\*۰/۸۵۰ و \*\*۰/۶۲۶) داشتند؛ بنابراین این دو صفت بیشترین سهم را در مقدار شاخص SIIG داشتند و ژنوتیپ‌های انتخابی با SIIG از پتانسیل عملکرد دانه و وزن هزاردانه بالایی برخوردار خواهند بود. لاین‌های مورد بررسی بر اساس این شاخص، در هفت دسته گروه‌بندی شدند. لاین‌های گروه یک، دو و سه، به ترتیب با بیشترین مقدار شاخص SIIG جزو بهترین لاین‌ها بودند و امکان به دست آوردن لاین‌های برتر از این گروه بسیار بالا می‌باشد. نتایج شاخص SIIG نشان داد که لاین‌های ۱۳۷، ۱۹، ۲۰، ۱۳۶ و ۱۴۳ با مقدار SIIG به ترتیب، ۰/۸۱۹، ۰/۸۰۸، ۰/۷۹۶، ۰/۷۹۶ و ۰/۷۹۴ از بهترین لاین‌ها بودند، ولی لاین‌های ۲۰ و ۱۴۳ به علت زودرس‌تر بودن، لاین‌های برتر شناخته شدند. ژنوتیپ‌های گروه چهار با مقدار SIIG متوسط، جزو لاین‌های متوسط بودند. لاین‌های گروه پنج، شش و هفت با کمترین مقدار SIIG جزو لاین‌های ضعیف از نظر عملکرد دانه و تعدادی از صفات مورفولوژیک بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص SIIG به خوبی توانست لاین‌های مورد بررسی را هم‌زمان بر اساس عملکرد دانه، وزن هزاردانه و زودرسی گروه‌بندی نماید و فاصله آن‌ها را از هم مشخص نماید.

**واژه‌های کلیدی:** انتخاب هم‌زمان، تنوع ژنتیکی، روش SIIG، صفات مورفولوژیک.

## مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. durum) یکی از محصولات مهم زراعی و صنعتی است. خصوصیات گلوتن سنگین، خمیر غیرچسبنده و سنگین، این نوع گندم را برای تهیه محصولات پاستا از جمله ماکارونی و اسپاگتی ایده‌آل نموده است (Brennan *et al.*, 2002). با توجه به اهمیتی که گندم دوروم در صنعت و تغذیه دارد، تولید و اصلاح ارقام جدید و پرمحصول با ویژگی‌های مهمی مانند پایداری عملکرد ضروری است. در همین راستا، تولید ارقام پرمحصول که دارای ویژگی‌های مناسبی برای کشت در مناطق مختلف کشور باشند، از اهداف مهم برنامه‌های به‌نژادی موسسات تحقیقاتی است.

با توجه به نقش تنوع ژنتیکی در پیش‌برد اهداف برنامه‌های به‌نژادی، بدون شک بررسی لاین‌های جدید گندم با خصوصیات مورفولوژیک مطلوب، از جمله روش‌های مناسب در جهت بهبود عملکرد و اصلاح و معرفی ارقام تجاری است که نهایتاً منجر به افزایش تولید گندم خواهد شد. Aghaee-Sarbarzeh (2012) تنوع ژنتیکی ۶۰ ژنوتیپ گندم دوروم انتخابی از مواد ژنتیکی موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران و کلکسیون بخش تحقیقات غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر را مورد ارزیابی قرار داد و آن‌ها را در شش گروه طبقه‌بندی کرد و بیان نمود که هر یک از این گروه‌ها، دارای ویژگی‌های خاصی از جمله پتانسیل عملکرد، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه بالا هستند.

از آن‌جا که عملکرد، به‌مقدار زیادی تحت تأثیر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط قرار می‌گیرد، بنابراین به‌نظر بسیاری از محققین، برای صفاتی مثل عملکرد دانه، انتخاب غیرمستقیم از طریق سایر صفاتی که همبستگی بالایی با عملکرد دارند از کارایی بیشتری برخوردار است (Rabiei *et al.*, 2004)؛ به‌همین دلیل محققان، شاخص‌های مختلفی را برای افزایش کارایی انتخاب معرفی نموده‌اند. در شاخص انتخاب اسمیت-هیزل (Smith, 1936) و پسک-بیکر (Pesek & Baker, 1969)، گزینش همزمان برای چندین صفت مهم با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی و فنوتیپی و وراثت‌پذیری آن‌ها و همبستگی بین صفات مختلف انجام می‌شود. شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل<sup>۱</sup> (SIIG) یکی از روش‌های انتخاب ژنوتیپ‌های برتر می‌باشد (Zali *et al.*, 2015; 2017) که می‌تواند علاوه بر انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل، فاصله بین ژنوتیپ‌ها را هم مشخص کند. در روش SIIG نیازی به محاسبه وراثت‌پذیری و ارزش فنوتیپی و اقتصادی نمی‌باشد و امکان شناسایی ژنوتیپ‌هایی با خصوصیات خاص وجود دارد. از شاخص SIIG به‌منظور ادغام تعدادی از صفات مهم مورفولوژیک و فنولوژیک، برای ارزیابی بهتر ژنوتیپ‌ها و تنوع ژنتیکی آن‌ها می‌توان استفاده نمود. از آن‌جا که ممکن است هر ژنوتیپی از نظر یک شاخص یا صفتی برتر باشد و در نهایت با افزایش تعداد صفات یا شاخص‌ها، ممکن است انتخاب ژنوتیپ مناسب برای محقق دشوار شود، به‌کمک روش SIIG تمام شاخص‌ها و صفات به‌صورت یک شاخص واحد درمی‌آید و رتبه‌بندی و تعیین ژنوتیپ‌های برتر بسیار راحت‌تر می‌شود. همچنین اگر تعداد صفات کم باشد، اما تعداد ژنوتیپ‌ها زیاد باشد، انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب با شاخص SIIG آسان‌تر است (Zali & Barati, 2020). روش SIIG، برای اولین بار توسط Zali *et al.* (2015) برای ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری معرفی شد. از روش SIIG می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه بهتر ژنوتیپ‌های مختلف و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و تعیین فواصل بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها استفاده نمود. از ویژگی‌های این روش آن است که برای محاسبه آن می‌توان از شاخص‌های مختلف، صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و سایر صفات استفاده نمود و کارایی انتخاب را افزایش داد. از جمله مزیت‌های این روش آن است که معیارها یا شاخص‌های به‌کار رفته برای مقایسه می‌توانند واحدهای سنجش متفاوتی داشته باشند و این شاخص، صفات را با وزن یکسانی بررسی می‌کند (Zali *et al.*, 2015; 2017).

با توجه به نقش تنوع ژنتیکی در پیش‌برد اهداف برنامه‌های به‌نژادی، بدون شک بررسی لاین‌های جدید گندم با خصوصیات مورفولوژیک مطلوب، از جمله روش‌های مناسب در جهت بهبود عملکرد و اصلاح و معرفی ارقام تجاری است که نهایتاً منجر به افزایش تولید گندم خواهد شد. Aghaee-Sarbarzeh (2012) تنوع ژنتیکی ۶۰ ژنوتیپ گندم دوروم انتخابی از مواد ژنتیکی موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران و کلکسیون بخش تحقیقات غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر را مورد ارزیابی قرار داد و آن‌ها را در شش گروه طبقه‌بندی کرد و بیان نمود که هر یک از این گروه‌ها، دارای ویژگی‌های خاصی از جمله پتانسیل عملکرد، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه بالا هستند.

از آن‌جا که عملکرد، به‌مقدار زیادی تحت تأثیر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط قرار می‌گیرد، بنابراین به‌نظر بسیاری از محققین، برای صفاتی مثل عملکرد دانه، انتخاب غیرمستقیم از طریق سایر صفاتی که همبستگی بالایی با عملکرد دارند از کارایی بیشتری برخوردار است (Rabiei *et al.*, 2004)؛ به‌همین دلیل محققان، شاخص‌های مختلفی را برای افزایش کارایی انتخاب معرفی نموده‌اند. در شاخص انتخاب اسمیت-هیزل (Smith, 1936) و پسک-بیکر (Pesek & Baker, 1969)، گزینش همزمان برای چندین صفت

<sup>1</sup> - Selection index of ideal genotype

مورد استفاده قرار گرفت. لاین‌های دوروم مورد بررسی به‌همراه دو رقم شاهد شبرنگ و هانا، در قالب طرح حجیم شده آگمنت<sup>۱</sup> در ۱۲ بلوک در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب، طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ ارزیابی شدند. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۱۰۷ متر با اقلیم گرم و خشک و متوسط بارندگی ۲۴۸ میلی‌متر و زمستان‌های معتدل بود. این منطقه در ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۵۰ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی قرار داشت. سایر اطلاعات هواشناسی مربوط به سال زراعی در جدول ۱ نشان داده شده است. ارقام و لاین‌های مورد بررسی در ۱۰ آذر و در شش خط به‌طول شش متر به‌فاصله ۱۵ سانتی‌متر (۷/۲ مترمربع) از هم‌دیگر کشت و به‌صورت نشتی آبیاری شدند. میزان بذر مصرفی، ۴۵۰ دانه در متر مربع بود که با در نظر گرفتن وزن هزاردانه برای هر لاین تعیین شد. هم‌چنین قبل از برداشت، نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و بقیه (شش مترمربع) برداشت شد. در طول فصل زراعی، کلیه عملیات زراعی مرسوم انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز پهن-برگ و نازک‌برگ به‌صورت مکانیکی و هم‌چنین با استفاده از علف‌کش‌های پوماسوپر و گرانستار در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه‌رفتن انجام شد. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت‌برداری از کرت-های آزمایشی شامل صفات تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه ثبت شد.

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و انتخاب لاین‌ها با خصوصیات زراعی مطلوب، از روش SIIG استفاده شد که نحوه محاسبه این شاخص به شرح ذیل می‌باشد:

۱- تشکیل ماتریس داده‌ها: با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و صفات مختلف مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به‌صورت رابطه ۱ تشکیل شد (ماتریس D).

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (1) \text{ رابطه}$$

در این ماتریس،  $X_{ij}$ : مقدار ژنوتیپ  $i$ ام ( $i = 1, 2, \dots, n$ )

از شاخص SIIG، به‌منظور انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها با استفاده از ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی (Zali *et al.*, 2017)، ادغام پارامترهای تجزیه پایداری (Zali *et al.*, 2015; Najafi Mirak *et al.*, 2018) و ادغام صفات مختلف مورفولوژیک (Abdollahi Hesar *et al.*, 2020; Zali & Barati, 2020) استفاده شده است. Ramzi *et al.* (2018) از شاخص SIIG به‌منظور بررسی تحمل لاین‌های پیشرفته گندم دوروم تحت شرایط تنش آلومینیوم استفاده نمودند و بیان نمودند که در استفاده از شاخص تحمل Ti (مقدار صفت در سطح تنش تقسیم بر مقدار صفت در سطح شاهد) به دلیل وجود Ti‌های مختلف براساس صفات متفاوت، تصمیم‌گیری روی لاین‌های حساس و متحمل کار راحتی نیست. در صورتی‌که با جمع این شاخص‌ها در قالب یک شاخص تحت عنوان شاخص SIIG، کار تصمیم‌گیری راحت‌تر می‌شود هم‌چنین نتایج مشابهی از کاربرد شاخص SIIG توسط Tahmasebi *et al.* (2018) گزارش شده است. در تحقیق دیگری به‌منظور ارزیابی ۲۲ ژنوتیپ کلزا با استفاده از صفات مختلف مورفولوژیک، از شاخص SIIG استفاده شد. در این تحقیق، ۱۳ صفت مورفولوژیک با استفاده از شاخص SIIG ادغام و تبدیل به یک شاخص واحد شدند و در نهایت برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها از یک نمودار دو بعدی عملکرد و شاخص SIIG استفاده شد (Abdollahi Hesar *et al.*, 2020).

هدف از این تحقیق، ارزیابی تنوع ژنتیکی و انتخاب لاین‌های خالص گندم دوروم با خصوصیات زراعی مطلوب، از نظر عملکرد و تعدادی از خصوصیات مهم مورفولوژیک به‌طور هم‌زمان با استفاده از شاخص SIIG، به‌منظور انجام آزمایشات تکمیلی و سازگاری در اقلیم گرم و خشک داراب بود.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی لاین‌های پیشرفته گندم دوروم، ۱۲۰ لاین خالص انتخابی (جدول ۲) که از آزمایشات بررسی ارقام و لاین‌های بین‌المللی و سایر ژنوتیپ‌های گزینش شده از آزمایشات داخلی غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر از سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انتخاب شده بودند

<sup>1</sup> - Augmented design

در رابطه با صفت زام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) بود. به عبارت دیگر، ردیف‌ها را ژنوتیپ‌ها و ستون‌ها را صفات تشکیل دادند.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی ماهیانه در فصل زراعی ۹۷-۱۳۹۶  
Table 1. Monthly meteorological data in 2017-18 cropping season

Month	Tem. (centigrade)			Rainfall (mm)
	Min	Max	Mean	
Oct.	33.6	15.3	24.5	0
Nov.	24.4	9.5	18.4	0.1
Dec.	19.5	4.7	12.1	0.9
Jan.	20.1	3.3	11.7	0
Feb.	21.4	4.5	12.9	0
Mar.	22.5	8.6	15.6	2.2
Apr.	25.0	10.6	17.8	47.8
May	34.5	17.9	26.2	0
Jun.	39.0	20.8	29.9	0
Sum				51

۴- محاسبه فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل ( $d_i^+$ ) و ژنوتیپ‌های ضعیف ( $d_i^-$ ): در این مرحله برای هر ژنوتیپ، فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل ( $d_i^+$ ) و ژنوتیپ‌های ضعیف ( $d_i^-$ ) به ترتیب با استفاده از روابط ۴ و ۵ محاسبه شد. به عبارت دیگر، برای محاسبه فاصله از ژنوتیپ‌های ایده‌آل ( $d_i^+$ )، با توجه به رابطه ۴، ابتدا مقادیر تمام صفات (نرمال شده) در یک لاین (ژنوتیپ) از مقادیر ایده‌آل برای هر صفت (که در مرحله قبل مشخص شده است) کم شد و به توان دو رسید و در نهایت جمع شدند و از آن‌ها جذر گرفته شد. همین کار هم برای محاسبه فاصله از ژنوتیپ ضعیف ( $d_i^-$ ) برای هر لاین انجام شد (رابطه ۵).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (۴)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (۵)$$

در روابط فوق  $r_{ij}$ : مقدار نرمال شده ژنوتیپ  $i$ ام ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) در رابطه با شاخص (صفت) زام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) و  $r_j^+$  و  $r_j^-$ : به ترتیب مقادیر نرمال شده ژنوتیپ‌های ایده‌آل و ژنوتیپ‌های ضعیف برای هر شاخص (صفت) زام ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) است.

۵- محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIHG): در آخرین مرحله، برای محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل برای هر لاین یا ژنوتیپ از رابطه ۶ استفاده شد.

تبدیل ماتریس داده‌های اولیه (ماتریس D) به یک ماتریس نرمال (ماتریس R): از رابطه زیر برای نرمال کردن داده‌ها (بدون واحد کردن داده‌ها) استفاده شد:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (۲)$$

در رابطه ۲، برای نرمال نمودن داده‌ها، تک تک ژنوتیپ‌ها برای هر صفت، به توان دو رسید و سپس جمع شد و جذر گرفته شد (مخرج کسر) و در نهایت تک تک ژنوتیپ‌ها به مخرج کسر تقسیم شد. بنابراین بعد از نرمال نمودن داده‌های اولیه (ماتریس D)، ماتریس R به صورت رابطه ۳ تعریف شد:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

۳- پیدا کردن ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ غیرایده‌آل (ضعیف) برای هر صفت (شاخص): در این مرحله با توجه به نوع صفت و نظر محقق برای هر صفت به طور جداگانه، بهترین ژنوتیپ (ایده‌آل) و ضعیف‌ترین (غیرایده‌آل) انتخاب شد. به عنوان مثال در مورد عملکرد، حداکثر مقدار عملکرد یک ژنوتیپ، مقدار ایده‌آل و پایین‌ترین مقدار عملکرد، به عنوان ژنوتیپ غیرایده‌آل (ضعیف) در نظر گرفته شد. همچنین در مورد تعداد روز تا رسیدگی (DMA)، چنانچه زودرسی ژنوتیپ‌ها مهم باشد، مقدار ایده‌آل برابر کم‌ترین مقدار DMA و مقدار ضعیف برابر با حداکثر مقدار DMA برای ژنوتیپ‌ها بود.



Lines	Pedigree
70	SNITAN*2/RBC/10/KOFA/9/USDA595/3/D67.3/RABI/CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9
71	BCRIS/BICUM/LLARETA INIA/3/DUKEM_12/2*RASCON_21/5/SRN_2/YAUAUS/HUI/3/RASCON_19/4/SOMAT_3/PHAX_1/TILO_1/LOTUS_4
72	SILK_3/DIPPER_6/3/ACO89/DUKEM_4/5*ACO89/4/PLATA_7/ILBOR_1//SOMAT_3/6/GUANAY/TILO_1/LOTUS_4/5/OSU-3880005/3/STOT//ALTAR 84/ALD/4/KUCUK_2
75	MOHAWK/4/DUKEM_1//PATKA_7/YAZI_1/3/PATKA_7/YAZI_1/6/PLATA_6/GREEN_17/3/CHEN/AUK//BISU*2/5/PLATA_3/CREX/ALLA/3/SOMBRA_20/4/SILVER_14/MOEWE
76	GUAYACAN INIA/GUANAY//PORRAN_4/BEJAH_7/7/CAMAYO/HYDRANASSA/30/SILVER_5/3/SOOTY_9/RASCON_37/5/DUKEM_15/3/BISU_1/PLATA_16/RISSA/4/
77	RANCO//CIT71/CI/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN/6/YAZI_1/AKAKI_4/SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN/9/CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722/BIT/3/ALTAR
78	84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)/PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHA
79	CBC 509 CHILE/5/2*AJAIA_16//HORA/JRO/3/GAN/4/ZAR/6/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)/PLATA_13/4/CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CI/5/SORA/2*PLATA_12//SOMAT_3
80	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722/BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)/PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3/
81	GEN/4/D68.1.93A.1A//RUFF/FGO/3/MTL_5/5/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/3/SOMAT_3/PHAX_1/TILO_1/LOTUS_4/4/CANELO_8//SORA/2*PLATA_12/6/CBC 509
82	BCRIS/BICUM/LLARETA INIA/3/DUKEM_12/2*RASCON_21/5/CAMAYO/GUANAY/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1
83	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722/BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)/PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37// WODUCK/CHAM_3/9/
84	CBC 514 CHILE/3/AUK/GUIL//GREEN/10/CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CI/4/SORA/PLATA_12/5/STOT//ALTAR 84/ALD/9/USDA595/3/D67.3/RABI/CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/
87	GUAYACAN INIA/POMA_2//SNITAN/4/D86135/ACO89//PORRAN_4/3/SNITAN/5/CAMAYO/GUANAY/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/9/CBC 509 CHILE/6/ECO/
88	STORLOM/3/RASCON_37/TARRO_2/RASCON_37/4/D00003A/5/1A.1D 5+1-06/3*MOJO/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)/PLATA_13/6/SOOTY_9/RASCON_37//
89	WID22241/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/5/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/3/SOMAT_4/INTER_8/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1
91	E90040/MFOWL_13/LOTAIL_6/3/PROZANA/ARLIN//MUSK_6/9/USDA595/3/D67.3/RABI/CRA/4/ALO/5/HUI/YAV_1/6/ARDENTE/7/HUI/YAV79/8/POD_9/10/TOSKA_26/RASCON_37//SNITAN/
92	4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1
93	PLANETA/AMIC//BERGAND/TRILE/3/KNIPA
94	ATIL/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE
95	PLATINUM/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE
96	ATIL/HELLER #1
99	ATIL/BAIRDS
100	CIRNO C 2008/HELLER #1
101	CIRNO C 2008/DUNKER
102	CIRNO C 2008/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE
103	CIRNO C 2008/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE
104	ATIL*2/HELLER #1
105	ATIL*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE
106	ATIL*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE
107	ATIL*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE
108	CIRNO C 2008*2/HELLER #1
111	CIRNO C 2008*2/HELLER #1
112	CIRNO C 2008*2/HELLER #1
113	CIRNO C 2008*2/HELLER #1
114	CIRNO C 2008*2/BAIRDS
115	CIRNO C 2008*2/BAIRDS
116	CIRNO C 2008*2/BAIRDS
117	CIRNO C 2008*2/BAIRDS
118	CIRNO C 2008*2/BAIRDS
119	CIRNO C 2008*2/BAIRDS
120	CIRNO C 2008*2/DUNKER
123	CIRNO C 2008*2/DUNKER
124	CIRNO C 2008*2/DUNKER
125	CIRNO C 2008*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE
126	CIRNO C 2008*2/3/KNIPA/TAGUA//PLANETA/TRILE
127	Mrf/Stj2/Mgn1/3/Berch1
128	Mrf/Stj2/Mgn1/3/Icasy1
129	IcamorTA0471/IcamorTA0459/Arishahn10/3/Mgn1/3/Ainzen1
130	Osicredera1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Stj/Mrb3/6/Stk/Hau//Heca1
131	Mrb5/TdicoAlpCol//Cham1
132	Younes1/6/Oualoukos1/5/Azn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gd2
135	Icasyr1/3/Gcn//Sti/Mrb3/4/Mgn1/3/Ainzen1/3/Bcr/Gro1/Mgn1
136	ICAMPORTA0469/4/ICAMPORTA0463/3/CandocrossH25//Msb1/Quarmal04182/5/Icasyr2/6/Geromtel1/Icasyr1
137	ICAMPORTA0469/4/ICAMPORTA0463/3/CandocrossH25//Msb1/Quarmal04182/5/Icasyr2/6/Geromtel1/Icasyr1
138	Miki3/Stj3/Bcr/Lks4
139	Icasyr1//Mrf2/T.dids20123/6/319ADDO/5/D68193A1A//Ruff/Fg/3/Mt15/4/Lahn/7/Quasloukos1/5/Anzn1/4/BEZAIZSHF//SD19539/Waha/3/Gd2
140	Waha(Plc/Ruff//Gta/Rtte)
141	SwAlgia/Gd181//Ch172/3/Atlas2/4/EMNO0918//Geromtel1/Icasyr1
142	TOPDY_21/RASCON_33 // Hcn-1
143	TOPDY_21/RASCON_33 // Hcn-2
144	TOPDY_21/RASCON_33 // Hcn-12
Shabr	Local check
ang	
Hana	Local check

مقدار  $SIIG_i$  بین صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه

$$SIIG_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad 0 \leq SIIG_i \leq 1 \quad (۶)$$

بلوک‌ها مشاهده نشد (جدول ۳)؛ بنابراین تعداد روز تا رسیدگی تصحیح شد و تجزیه‌های بعدی با استفاده از داده‌های تصحیح شده انجام شد.

واریانس ژنتیکی و باقیمانده و وراثت‌پذیری صفات تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه با استفاده از تجزیه REML<sup>۲</sup> محاسبه شدند. نتایج تجزیه REML با استفاده از آماره‌های BLUE و BLUP برای لاین‌های مورد بررسی و ژنوتیپ‌های شاهد در جدول ۵ برای همه صفات نشان داده شده است. از مزایای روش REML نسبت به روش‌های کلاسیک، بازدهی بالا برای طرح‌های آگمنت و همچنین کاهش تعداد برآوردهای منفی پارامترهای ژنتیکی که به دلیل مشکلاتی مانند مناسب نبودن طرح آزمایشی که در روش‌های کلاسیک ایجاد می‌شود، اشاره نمود (Holland, 2006).

نتایج تجزیه همبستگی بین صفات مورفولوژیک (جدول ۶) نشان داد که ارتباط معنی‌دار بالایی بین عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته وجود نداشت. سال‌ها اصلاح و انتخاب ارقام زودرس در مناطق گرم جنوب کشور، باعث کاهش تنوع این صفت در مناطق گرمسیری شده است؛ بنابراین عدم همبستگی بین صفت تعداد روز تا رسیدگی با عملکرد دانه کاملاً طبیعی است. گرچه همبستگی بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه معنی‌دار بود، ولی مقدار این همبستگی بالا نبود. همبستگی بالا بین صفات مورد بررسی و عملکرد دانه، کارایی شاخص SIIG برای انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب با عملکرد بالا را افزایش می‌دهد، ولی حتی اگر همبستگی بین صفات و عملکرد دانه پایین باشد، شاخص SIIG یکی از روش‌های مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و صفات زراعی مطلوب خواهد بود (Zali & Barati, 2020).

شاخص SIIG بر اساس صفات عملکرد دانه، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز رسیدگی، ارتفاع بوته و وزن هزاردانه محاسبه شد (جدول ۷). همچنین در این

گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار SIIG<sub>۱</sub> آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. بر اساس این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ‌های ضعیف است (Zali et al., 2015, 2017).

در این تحقیق، مقایسه میانگین صفات با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ که بر مبنای آماره BLUE و BLUP محاسبه شده بود انجام شد. برای انجام تجزیه REML از نرم‌افزار ACBD-R (Rodríguez et al., 2017) و برای محاسبه شاخص SIIG (Zali et al., 2015) از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

مقادیر میانگین، حداقل، حداکثر، انحراف معیار و ضریب تغییرات در ۱۲۰ لاین گندم دوروم مورد مطالعه در جدول ۴ نشان داده شده است. همچنین میانگین صفات مورفولوژیک دو رقم شیرنگ و هانا برای مقایسه لاین‌ها در جدول ۴ آمده است. نتایج آزمایش، بیانگر تنوع ژنتیکی زیاد از نظر عملکرد دانه و سایر صفات اندازه‌گیری شده بود. حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به ترتیب ۵۰۶۷، ۱۰۳۴۳، ۷۷۹۸ کیلوگرم در هکتار و عملکرد دانه در ارقام شاهد شیرنگ و هانا به ترتیب ۷۶۲۲ و ۷۵۷۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). وجود تنوع ژنتیکی زیاد از نظر عدم محدودیت در انتخاب ژنوتیپ مناسب، برای به‌نژادگر ارزشمند می‌باشد. تغییرات قابل توجهی در صفات تعداد روز تا گل‌دهی (۹۲-۷۶ روز)، رسیدگی فیزیولوژیک (۱۶۱-۱۳۲ روز)، ارتفاع بوته (۱۰۳-۸۳ سانتی‌متر) و وزن هزاردانه (۵۷/۲-۳۷/۲ گرم) مشاهده شد که نشان دهنده تنوع ژنتیکی این صفات در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش بود (جدول ۷). مقدار LSD<sub>0.05</sub> بر مبنای آماره‌های BLUE<sup>۱</sup> و BLUP<sup>۲</sup> برای مقایسه میانگین صفات در جدول ۵ نشان داده شده است. به جز در مورد تعداد روز تا رسیدگی، تفاوت معنی‌داری بین

<sup>۱</sup> - Best linear unbiased prediction

<sup>۲</sup> - Best linear unbiased estimation

<sup>۳</sup> - Restricted maximum likelihood

تحقیق برای محاسبه شاخص SIIG فرض بر این بود که لاین‌هایی با بیشترین عملکرد دانه و وزن هزاردانه بالا و از طرفی با کمترین ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز تا گل‌دهی، ایده‌آل می‌باشند.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مختلف مورفولوژیک شاهد‌های لاین‌های خالص گندم دوروم

Table 3. Variance analysis of different morphological traits of durum wheat promising lines checks.

S.O.V	df	DHE	DMA	PLH	TKW	YLD
Block	11	8.17 <sup>ns</sup>	43.7 <sup>**</sup>	23.5 <sup>ns</sup>	23.67 <sup>ns</sup>	740651 <sup>ns</sup>
Checks	1	1.50 <sup>ns</sup>	2.67 <sup>ns</sup>	35.04 <sup>ns</sup>	28.17 <sup>ns</sup>	31537 <sup>ns</sup>
Error	11	6.41	5.58	8.68	23.2	431210

DHE: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزاردانه؛ YLD: عملکرد دانه ns و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; PLH: Plant height; TKW: Thousand kernel weight; YLD: Seed yield. ns and \*\*: non-significant and significant at 1% of probability level, respectively.

جدول ۴- آمار توصیفی صفات مختلف مورفولوژیک در لاین‌های خالص گندم دوروم

Table 4. Descriptive statistics parameters of different morphological traits of durum wheat promising lines

Traits	Mean	Min	Max	Standard deviation	CV (%)	Checks	
						Shabrang	Hana
DHE (Day)	79	75	92	3.12	3.96	80	80
DMA (Day)	147	132	161	5.54	3.77	148	148
PLH (cm)	95	83	106	4.89	5.13	99	97
TKW (g)	47	36	57	4.55	9.69	44.6	46.8
YLD (kg ha <sup>-1</sup> )	7798	5067	10343	975	12.51	7622	7579

DHE: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزاردانه؛ YLD: عملکرد دانه.

DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; PLH: Plant height; TKW: Thousand kernel weight; YLD: Seed yield.

جدول ۵- تجزیه REML صفات مورفولوژیک و فنولوژیک در لاین‌های خالص گندم دوروم

Table 5. Results of REML analysis of morphological and phonologic traits of durum wheat inbred lines

S.O.V	Inbred lines									
	DHE		DMA		PLH		TKW		YLD	
	BLUP	BLUE	BLUP	BLUE	BLUP	BLUE	BLUP	BLUE	BLUP	BLUE
He <sup>2</sup> (lines)	0.36		0.289		0		0		0.506	
He <sup>2</sup> (checks)	0		0		0.067		0.044		0	
$\delta^2_{gen}$ (lines)	3.083		5.64		0		0		348231	
$\delta^2_{gen}$ (checks)	0		0		1.35		0.833		0	
$\delta^2_{Res}$	5.48	6.409	12.9	6.1	18.9	8.68	18.2	23.2	339555	431294
Mean (lines)	79.4	78.8	146.9	146.6	96.5	95.3	46.8	47.0	7681	7798
Mean (check)	79.4	80.1	147.1	148.4	96.7	98.0	46.5	45.8	7670	7513
Avg Std Err Diff. (lines)	2.03	4.27	2.81	3.88	0	5.0	0	8.1	606	1056
LSD <sub>0.05</sub> (lines)	4.01	9.4	5.9	9.0	0	10.9	0	17.8	1198	2324
Avg Std Err Diff. (checks)	0	1.02	0	0.98	1.21	1.10	1.04	1.40	0.026	16.4
LSD <sub>0.05</sub> (checks)	0	2.24	0	2.19	2.38	2.414	2.05	3.09	0.052	36.0

DHE: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزاردانه؛ YLD: عملکرد دانه؛ He<sup>2</sup>: وراثت‌پذیری؛  $\delta^2_{gen}$ : واریانس ژنتیکی؛  $\delta^2_{Res}$ : واریانس باقیمانده.

DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; PLH: Plant height; TKW: Thousand kernel weight; YLD: Seed yield; He<sup>2</sup>: Heritability;  $\delta^2_{gen}$ : Genetic variance;  $\delta^2_{Res}$ : Residual variance.

هزاردانه به ترتیب بیشترین همبستگی بالا و معنی‌داری با شاخص SIIG (\*\*\*) ۰/۸۵۰ و (\*\*\*) ۰/۶۲۶ داشتند.

نتایج همبستگی بین شاخص SIIG و سایر صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که عملکرد دانه و وزن



نقش ناچیزی در مقدار عددی SIIG داشتند که این مطلب، بیانگر تنوع ژنتیکی پایین این صفات نسبت به سایر صفات بود. در مواردی که همبستگی شاخص SIIG و عملکرد دانه پایین باشد، برای انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول با صفات مطلوب بهتر است از نمودار دو بعدی عملکرد و شاخص SIIG استفاده شود (Najafi Mirak *et al.*, 2018; Abdollahi Hesar *et al.*, 2020).

همبستگی شاخص SIIG با ارتفاع بوته، تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی به ترتیب برابر با ۰/۰۰۸، ۰/۱۵۳ و ۰/۳۸۴\*\* بود (جدول ۶). این نتایج نشان داد که عملکرد دانه و وزن هزاردانه، به ترتیب بیشترین سهم را در مقدار شاخص SIIG داشتند. ژنوتیپ‌های انتخابی با روش SIIG، از پتانسیل عملکرد دانه و وزن هزاردانه بالایی برخوردار خواهند بود. هم‌چنین تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع؛

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف مورفولوژیک و شاخص SIIG  
Table 6. Correlation coefficients among different morphological traits and SIIG index

	DHE	DMA	PLH	TKW	YLD
DMA	0.194				
PLH	-0.031	0.180			
TKW	-0.400**	0.130	0.074		
YLD	-0.174	0.186	0.106	0.301**	
SIIG	-0.384**	0.153	-0.008	0.626**	0.850**

DHE: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزاردانه؛ YLD: عملکرد دانه. \*\*: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; PLH: Plant height; TKW: Thousand kernel weight; YLD: Seed yield.

\*\* : Significant at 1% of probability level.

۸ و ۲۴ به ترتیب با کمترین مقدار SIIG (به ترتیب ۰/۳۶۸، ۰/۳۷۲، ۰/۴۱۰، ۰/۴۲۶، ۰/۴۳۲، ۰/۴۴۳، ۰/۴۵۱، ۰/۴۷۴، ۰/۴۷۷، ۰/۴۸۵، ۰/۴۸۶ و ۰/۴۸۶) جزء ضعیف‌ترین لاین‌ها از نظر عملکرد و وزن هزاردانه به‌طور همزمان بودند. عملکرد دانه هیچ‌کدام از این لاین‌ها از متوسط کل و سایر شاهد‌ها بیشتر نبود (جدول ۷). این نتایج نشان داد که شاخص SIIG قابلیت تعیین بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها را در مطالعه صفات مورفولوژیک دارا می‌باشد. در بسیاری از آزمایشات، داشتن یک ژنوتیپ عالی و یک ژنوتیپ ضعیف، پیش شرط بسیاری از مقایسات خواهد بود. به‌منظور بررسی کارایی شاخص SIIG در انتخاب بهترین لاین‌ها از نظر صفات مورد بررسی به‌طور همزمان، لاین‌ها بر اساس شاخص SIIG در هفت دسته گروه‌بندی شدند (جدول ۸). در واقع لاین‌هایی که مقدار عددی شاخص SIIG آن‌ها کوچکتر از ۰/۹ و بزرگتر از ۰/۸ بود در گروه یک قرار گرفتند. لاین‌هایی که شاخص SIIG آن‌ها کوچکتر از ۰/۸ و بزرگتر از ۰/۷ بود، در گروه دو و به همین ترتیب سایر لاین‌ها نیز گروه‌بندی شدند.

نتایج شاخص SIIG نشان داد که به ترتیب لاین‌های شماره ۱۳۷، ۱۹، ۲۰، ۱۳۶، ۱۴۳، ۱۳۹، ۱۰۸، ۱۳۸، ۲۳، ۱۶، ۱۲، ۱۱۴، ۲۲، ۷، ۱۵، ۱۴۲ و ۱۸ با بیشترین مقدار SIIG (مقدار SIIG بزرگتر از ۰/۷۰۰ و کوچکتر ۰/۹۰۰)، جزء بهترین لاین‌ها در درجه اول از نظر عملکرد و در درجه دوم از نظر وزن هزاردانه بودند. عملکرد این لاین‌ها از متوسط کل و هم‌چنین از عملکرد شاهد‌ها بالاتر بودند و بسیاری از آن‌ها با توجه به  $1198 \text{ kg ha}^{-1}$  (LSD<sub>0.05</sub> (BLUP) = ۱۱۹۸) (جدول ۵)، تفاوت معنی‌داری نسبت به ژنوتیپ‌های شاهد شیرنگ و هانا داشتند (جدول ۷).

نتایج SIIG نشان داد که لاین‌های شماره ۸۰ و ۴۸ با کمترین مقدار SIIG (۰/۲۷۹) ضعیف‌ترین لاین‌ها در شرایط داراب بودند؛ از طرفی این دو لاین، دارای عملکرد دانه (به ترتیب ۵۰۶۷ و ۶۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و وزن هزاردانه پایین (به ترتیب ۳۸/۴ و ۳۷/۲ گرم) بودند و لاین شماره ۴۸، یکی از دیررس‌ترین لاین‌ها (۱۵۹ روز تا رسیدگی) نسبت به بسیاری از لاین‌ها مورد مطالعه بودند. در گروه بعدی، لاین‌های شماره ۷۶، ۸۱، ۴۱، ۷۰، ۶۴، ۵۱، ۶۳، ۶۰، ۷۷، ۳۳،

دارای عملکرد بالاتر از متوسط کل و همچنین بالاتر از ژنوتیپ‌های شبرنگ و هانا بودند؛ هم‌چنین ژنوتیپ‌های هانا و شبرنگ در این گروه قرار گرفتند. در گروه پنج نیز ۱۰ لاین (۸/۲ درصد از کل لاین‌ها) با متوسط عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی به‌ترتیب ۶۴۱۰ کیلوگرم در هکتار، ۴۳ گرم، ۹۸ سانتی‌متر، ۸۱ روز و ۱۴۹ روز بود. عملکرد دانه همه لاین‌های این گروه از لاین‌های شاهد پایین‌تر بود. در گروه شش و هفت، چهار لاین وجود داشت که از نظر هیچ‌کدام از صفات مورد نظر، برتر از ارقام شاهد نبودند؛ بنابراین جزء ضعیف‌ترین لاین‌های این آزمایش بودند.

Zali & Barati (2020) به‌منظور بررسی کارایی شاخص SIIG در انتخاب بهترین لاین‌های جو از نظر عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و تعداد روز تا گل‌دهی و رسیدگی به‌طور هم‌زمان از این شاخص استفاده نمودند. در این تحقیق، لاین‌های مورد بررسی براساس شاخص SIIG در شش دسته گروه‌بندی شدند. نتایج آن نشان داد که شاخص SIIG به‌خوبی توانسته ژنوتیپ‌ها را براساس سه صفت عملکرد دانه، وزن هزاردانه و ارتفاع بوته دسته‌بندی نماید. Najafi *et al.* (2018) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری ناپارامتری در گندم دوروم استفاده نمودند و با استفاده از شاخص SIIG عملکرد در یک نمودار دو بعدی توانستند ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا را معرفی نمایند. در تحقیقی دیگر، Yaghotipour *et al.* (2017) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در گندم نان استفاده نمودند و بیان داشتند که شاخص SIIG، یک روش ترکیبی جدید و کارا در انتخاب مؤثرتر ژنوتیپ‌های مطلوب می‌باشد. Zali *et al.* (2017) صفات مختلف تحمل به خشکی را با استفاده از شاخص SIIG ادغام نمودند و بیان داشتند که شاخص SIIG با ادغام صفات یا شاخص‌های مختلف، انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب را مؤثرتر انجام می‌دهد. Zali *et al.*, (2015) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری پارامتری و

نتایج گروه‌بندی لاین‌های مورد بررسی براساس شاخص SIIG (جدول ۶، ۷) نشان داد که در گروه یک، دو لاین ۱۳۷ و ۱۹ قرار گرفت؛ این دو لاین به‌ترتیب با عملکرد ۱۰۳۴۳ و ۹۵۲۳ کیلوگرم در هکتار، وزن هزاردانه ۵۵/۶ و ۵۴/۸ گرم، ارتفاع بوته ۹۸ و ۹۶ و تعداد روز تا رسیدگی ۱۵۶ و ۱۵۴ روز، از لاین‌های با پتانسیل عملکرد و وزن هزاردانه بالا، ولی دیررس در میان لاین‌های مورد بررسی در شرایط گرم و خشک داراب بود.

در گروه دو، ۱۵ لاین وجود داشت که متوسط عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی آن‌ها به‌ترتیب ۹۱۰۸ کیلوگرم در هکتار، ۵۱ گرم، ۹۷ سانتی‌متر، ۷۷ روز و ۱۴۸ روز بود که این گروه، ۱۲/۳ درصد از ژنوتیپ‌ها را شامل می‌شد. لاین‌های شماره ۲۰، ۱۳۶، ۱۴۳، ۱۳۹، ۱۰۸، ۱۳۸، ۲۳، ۱۶، ۱۲، ۱۱۴، ۲۲، ۷، ۱۵، ۱۴۲ و ۱۸ در این گروه قرار گرفتند و عملکرد دانه و وزن هزاردانه (به‌جز لاین‌های شماره ۷، ۱۵، ۱۴۲ و ۱۸) لاین‌های این گروه از متوسط کل و هر دو شاهد آزمایش بیشتر بود و هم‌چنین از نظر تعداد روز تا رسیدگی، لاین‌های شماره ۱۳۹ و ۱۱۴ جزء ارقام زودرس بودند، ولی با توجه به  $LSD_{0.05}$  (جدول ۵) تفاوت معنی‌داری با دو شاهد شبرنگ و هانا نداشتند.

بیشترین تعداد لاین در گروه سه قرار داشت در این گروه، ۵۳ لاین (۴۳/۴ درصد از کل لاین‌ها) وجود داشت که متوسط عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی آن‌ها به‌ترتیب ۸۰۵۴ کیلوگرم در هکتار، ۴۸ گرم، ۹۴ سانتی‌متر، ۷۸ روز و ۱۴۷ روز بود. در این گروه، ۳۵ لاین دارای عملکرد بالاتر از متوسط کل و هم‌چنین بالاتر از ژنوتیپ‌های شبرنگ و هانا وجود داشت (جدول ۸).

در گروه چهار، ۳۸ لاین (۳۱/۱ درصد از کل لاین‌ها) قرار داشت که متوسط عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته و تعداد روز تا گل‌دهی رسیدگی آن‌ها به‌ترتیب ۷۳۶۴ کیلوگرم در هکتار، ۴۵ گرم، ۹۶ سانتی‌متر، ۷۹ روز و ۱۴۶ روز بود. در این گروه، نه لاین

SIIG نیز در مورد شاخص (2018) Tahmasebi *et al.*

بیان شده است.

ناپارامتری در کلزا استفاده نمودند. آن‌ها شاخص SIIG

را روشی مناسب به منظور ادغام صفات مورفولوژیکی و

فیزیولوژیکی و همچنین سایر شاخص‌های تجزیه

پایداری معرفی نمودند. نتایج مشابهی توسط

جدول ۷- مقادیر صفات مختلف مورفولوژیکی و شاخص SIIG در ۱۲۰ لاین خالص گندم دوروم

Table 7. Amounts of different morphological traits and SIIG index of 120 durum wheat pure lines

Lines no.	DHA (Day)	DMA (Day)	PLH (cm)	TKW (g)	YLD (kg ha <sup>-1</sup> )	Rank of YLD	index SIIG		
							SIIG	Rank	Group
137	76	156	98	55.6	10343	1	0.819	1	1
19	79	154	96	54.8	9523	6	0.808	2	1
20	76	147	95	52.0	9555	5	0.796	3	2
136	76	153	99	54.0	9190	12	0.796	4	2
143	76	146	96	48.8	10030	3	0.794	5	2
139	76	141	98	55.2	8917	17	0.770	6	2
108	76	148	90	52.0	8833	18	0.759	7	2
138	78	148	101	52.0	9047	13	0.759	8	2
23	76	151	99	55.2	9293	10	0.758	9	2
16	82	153	102	51.2	9480	7	0.753	10	2
12	78	146	102	56.8	8750	20	0.746	11	2
114	79	143	89	49.6	8740	21	0.739	12	2
22	76	150	101	53.2	8537	26	0.737	13	2
7	79	149	89	46.4	9573	4	0.715	14	2
15	77	148	99	46.4	8957	15	0.714	15	2
142	77	148	95	42.8	9020	14	0.706	16	2
18	78	156	100	47.2	8700	23	0.701	17	2
11	76	147	97	50.4	8023	47	0.697	18	3
17	79	157	103	44.8	10037	2	0.696	19	3
128	79	148	83	51.2	8020	48	0.693	20	3
94	79	149	96	53.6	8413	29	0.693	21	3
131	76	146	94	52.4	7960	51	0.689	22	3
57	77	141	101	43.6	9357	8	0.687	23	3
58	77	143	98	46.4	8460	27	0.674	24	3
104	80	159	99	45.6	8937	16	0.672	25	3
34	79	144	90	52.0	7910	53	0.671	26	3
127	77	148	97	54.4	7610	69	0.667	27	3
10	78	144	95	47.2	8240	36	0.667	28	3
99	76	148	96	48.4	8300	34	0.665	29	3
103	77	157	105	48.4	8717	22	0.664	30	3
113	76	141	92	42.8	8397	30	0.663	31	3
105	79	150	89	41.6	9200	11	0.661	32	3
107	82	161	99	45.6	8677	24	0.661	33	3
112	80	141	95	49.6	7917	52	0.660	34	3
132	77	158	89	50.0	8030	45	0.657	35	3
135	76	146	92	51.2	7173	92	0.654	36	3
55	77	141	93	49.2	7970	50	0.652	37	3
5	76	142	96	57.2	7420	81	0.652	38	3
129	76	149	92	49.2	7867	54	0.650	39	3
68	75	141	86	44.8	8137	39	0.647	40	3
115	78	144	93	47.6	8067	43	0.645	41	3
130	76	147	95	49.6	7620	68	0.644	42	3
126	81	149	89	45.2	8120	41	0.643	43	3
96	79	161	94	48.8	8063	44	0.643	44	3
40	79	147	91	54.8	7820	58	0.642	45	3
59	77	153	99	46.4	8793	19	0.640	46	3
111	78	143	93	47.2	7847	57	0.638	47	3
9	78	143	103	43.2	8670	25	0.634	48	3
52	80	145	94	44.8	8210	37	0.632	49	3
144	77	149	97	44.4	9313	9	0.632	50	3
6	78	147	87	42.4	7750	62	0.632	51	3
46	76	146	90	53.6	7040	96	0.628	52	3
21	76	148	103	51.6	7360	85	0.628	53	3
124	81	147	88	46.0	8133	40	0.626	54	3
91	80	149	95	48.4	7567	70	0.623	55	3

28	82	145	95	45.2	8437	28	0.622	56	3
92	79	150	102	56.8	7507	75	0.620	57	3
45	76	148	88	43.6	7860	55	0.616	58	3
119	79	141	100	52.4	7717	64	0.616	59	3
106	82	159	98	50.8	7667	67	0.611	60	3
Lines no.	DHA (Day)	DMA (Day)	PLH (cm)	TKW (g)	YLD (kg ha <sup>-1</sup> )	Rank of YLD	index SIIG	Lines no.	DHA (Day)
53	77	145	101	51.6	7547	72	0.610	61	3
44	82	148	94	50.8	7430	80	0.609	62	3
4	76	143	93	51.6	6753	108	0.608	63	3
79	79	136	98	48.0	8247	35	0.605	64	3
36	76	142	83	52.4	7000	99	0.605	65	3
43	82	149	86	45.6	7737	63	0.603	66	3
72	77	148	92	49.6	7293	87	0.602	67	3
83	78	135	94	41.6	8360	32	0.600	68	3
32	79	152	89	44.0	8390	31	0.600	69	3
140	77	143	95	48.0	7757	61	0.600	70	3
54	77	143	100	44.8	7703	65	0.597	71	4
47	78	149	101	49.2	8333	33	0.597	72	4
93	78	149	97	49.6	6940	103	0.595	73	4
3	82	146	94	42.8	8117	42	0.594	74	4
66	82	145	90	44.8	8030	46	0.593	75	4
100	79	156	99	49.6	7770	60	0.592	76	4
35	77	154	96	50.8	7000	100	0.589	77	4
87	77	147	95	47.6	7403	82	0.586	78	4
88	79	149	99	45.6	7973	49	0.585	79	4
56	82	144	102	38.4	8183	38	0.584	80	4
123	82	149	85	44.0	7500	76	0.583	81	4
39	78	147	92	41.6	7490	77	0.581	82	4
42	79	149	101	46.4	7697	66	0.580	83	4
Shabrang	80	148	97	46.9	7549	71	0.580	84	4
116	77	141	88	44.4	7437	79	0.576	85	4
125	81	149	91	46.4	7267	88	0.573	86	4
102	76	147	97	46.4	6963	102	0.572	87	4
69	79	140	97	46.0	7813	59	0.566	88	4
27	76	146	96	46.0	7103	95	0.566	89	4
118	79	150	92	43.6	7220	89	0.559	90	4
117	79	141	92	45.6	7370	83	0.556	91	4
31	79	144	95	47.2	6820	106	0.556	92	4
95	82	158	95	43.6	7543	73	0.554	93	4
67	77	148	95	42.4	7197	90	0.553	94	4
141	76	145	94	42.8	6800	107	0.547	95	4
30	79	143	94	49.2	6940	104	0.546	96	4
78	81	135	96	40.0	7303	86	0.544	97	4
Hana	80	148	99	44.7	7477	78	0.542	98	4
65	77	144	96	43.6	7147	93	0.542	99	4
75	76	132	96	46.0	7513	74	0.539	100	4
101	78	145	98	48.0	7000	101	0.534	101	4
29	77	144	93	44.8	7017	98	0.534	102	4
84	78	134	91	44.4	6620	110	0.520	103	4
120	82	143	91	44.4	6827	105	0.513	104	4
71	78	147	102	41.6	7193	91	0.511	105	4
89	79	149	98	40.4	7853	56	0.510	106	4
82	84	139	99	40.0	7023	97	0.506	107	4
90	80	148	99	45.6	6683	109	0.502	108	4
24	77	151	105	47.6	6580	111	0.486	109	5
8	90	154	96	44.8	6413	113	0.486	110	5
33	79	146	85	40.8	5813	120	0.485	111	5
77	82	147	97	41.6	7127	94	0.477	112	5
60	79	152	99	40.0	7363	84	0.474	113	5
63	76	146	101	46.8	6507	112	0.451	114	5
51	82	149	106	41.2	6220	118	0.443	115	5
64	77	145	102	41.6	6333	115	0.432	116	5
70	78	140	95	40.4	6317	116	0.426	117	5
41	92	160	89	45.2	5427	121	0.410	118	5
81	84	146	93	36.4	6337	114	0.372	119	6
76	82	144	102	40.8	5917	119	0.368	120	6
48	91	159	99	37.2	6250	117	0.279	121	7
80	92	147	91	38.4	5067	122	0.279	122	7

DHE: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزاردانه؛ YLD: عملکرد دانه.  
DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; PLH: Plant height; TKW: Thousand kernel weight; YLD: Seed yield.

جدول ۸- گروه‌بندی لاین‌های گندم دوروم براساس شاخص SIIG و میانگین صفات مورفولوژیک در هر گروه  
Table 8. Durum wheat lines grouping based on SIIG index and mean of morphological different traits in each group

SIIG index	Groups	Lines number per group	Relative per.	Cumulative per.	Average of groups				
					DHA	DMA	PLH	TKW	YLD
0.8≤SIIG<0.9	1	2	1.6	1.3	78	155	97	55	9933
0.7≤SIIG<0.8	2	15	12.3	13.9	77	148	97	51	9108
0.6≤SIIG<0.7	3	53	43.4	57.4	78	147	94	48	8054
0.5≤SIIG<0.6	4	38	31.1	88.5	79	146	96	45	7364
0.4≤SIIG<0.5	5	10	8.2	96.7	81	149	98	43	6410
0.3≤SIIG<0.4	6	2	1.6	98.4	82	144	102	41	5917
0.2≤SIIG<0.3	7	2	1.6	100.0	92	153	95	38	5658

DHE: تعداد روز تا گل‌دهی؛ DMA: تعداد روز تا رسیدگی؛ PLH: ارتفاع بوته؛ TKW: وزن هزاردانه؛ YLD: عملکرد دانه.  
DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; PLH: Plant height; TKW: Thousand kernel weight; YLD: Seed yield.

برتر، بسیار بالا است. ژنوتیپ‌های گروه‌های چهار، جزء لاین‌های متوسط هستند و در این گروه، نه لاین از همه برتر بودند. لاین‌های گروه پنج، شش و هشت جزء لاین‌های ضعیف در این تحقیق بودند. در نهایت نتایج شاخص SIIG نشان داد که لاین‌های شماره ۱۳۷، ۱۹، ۲۰، ۱۳۶ و ۱۴۳ با مقدار SIIG به ترتیب ۰/۸۱۹، ۰/۸۰۸، ۰/۷۹۶، ۰/۷۹۶ و ۰/۷۹۴ از بهترین لاین‌ها بودند، ولی لاین‌های شماره ۲۰ و ۱۴۳ به علت زودرس‌تر بودن، لاین‌های برتر شناخته شدند.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص SIIG به خوبی توانسته است لاین‌های مورد بررسی را هم‌زمان براساس چند صفت شامل عملکرد دانه، وزن هزاردانه و زودرسی گروه‌بندی نماید و فاصله آن‌ها را از هم مشخص کند. طبق نتایج به دست آمده می‌توان این هفت گروه را در سه دسته عالی، متوسط و ضعیف دسته‌بندی نمود. لاین‌های گروه یک، دو و سه، جزء بهترین لاین‌ها بودند و امکان به دست آوردن لاین‌های

### REFERECES

1. Abdollahi Hesar, A., Sofalian, O., Alizadeh, B., Asghari, A. & Zali, H. (2020). Evaluation of some autumn canola genotypes based on agronomy traits and SIIG index. *Journal of Crop Breeding*, 12(34), 93-104. (In Persian)
2. Aghaee-Sarbarzeh, M. (2012). Variation of agronomic traits in durum wheat genotypes. *Seed and Plant Improvement Journal*, 1(28), 481-502. (In Persian)
3. Brennan, J. P., Aw-Hassan, A., Quade, K. J. & Nordblom, T. L. (2002). Impact of ICARDA research on Australian agriculture, *Economic Research Report*, 11. , NSW Agriculture, Wagga.
4. Holland, J. B. (2006). Estimating genotypic correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS Proc MIXED. *Crop Science*, 46, 642-654.
5. Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M. & Zali, H. 2018. Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dry areas using parametric and non-parametric methods. *Journal of Crop Production and Processing*, 8(2), 79-96. (In Persian)
6. Pesek, J. & Baker, R. J. 1969. Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian Journal of Plant Science*, 49, 803-804.
7. Rabiei, B., Valizdah, M., Ghareyazie, B. & Moghaddam, M. (2004). Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Research*, 89, 359-367.
8. Ramzi, E., Asghari, A., Khomari, S. & Chamanabad, H. M. (2018). Investigation of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *Durum* Desf) lines for tolerance to aluminum stress condition. *Journal of Crop Breeding*, 10(25), 63-72. (In Persian)
9. Rodríguez, F., Alvarado, G., Pacheco, Á. & Burgueño, J. (2017). ACBD-R. Augmented Complete Block Design with R for Windows. Version 3.0. <https://hdl.handle.net/11529/10855>. CIMMYT Research Data & Software Repository Network, V3, DEACCESSIONED VERSION.
10. Smith, H. F. (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, 7, 240-250.

11. Tahmasebi, S., Dastfal, M., Zali, H. & Rajaei, M. (2018). Drought tolerance evaluation of bread wheat cultivars and promising lines in warm and dry climate of the south. *Cereal Research*, 8(2), 209-225. (In Persian)
12. Yaghotipour, A., Farshadfar, E. & Saeedi, M. (2017). Assessment of durum wheat genotypes for drought tolerance by suitable compound method. *Environmental Stress in Crop Sciences*, 10(2), 247-256. (In Persian)
13. Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A. & Hoseini, S. M. (2015). Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum – An International Journal*, 7(2), 703-711.
14. Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asghari, A. & Zeinalabedini, M. (2017). Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *Journal of Crop Breeding*, 78 (20), 77-90. (In Persian)
15. Zali, H. & Barati, A. (2020). Evaluation of selection index of ideal genotype (SIIG) in other to selection of barley promising lines with high yield and desirable agronomy traits. *Journal of Crop Breeding*, 12(34), 93-104. (In Persian)